نشریه پژوهش‌های زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۳۸۴-۳۷۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 4, Winter. 2021, p. 373-384

مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد و راندمان مصرف آب در گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در منطقه مشهد

پرویز رضوانی مقدم[1*]، قربانعلی اسدی[2]، مهسا اقحوانی شجری[3]، فاطمه رنجبر[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و راندمان مصرف آب در گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: مدیریت تغذیه به‌عنوان فاکتور افقی (کود شیمیایی، کودگاوی، کود گاوی+کود شیمیایی و شاهد) و مدیریت آبیاری به‌عنوان فاکتور عمودی (۳۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه چای ترش). نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۸۴/۷ سانتی‌متر)، تعداد شاخه جانبی (۶/۶ عدد)، عملکرد خشک غوزه (۸۶۰/۱ کیلوگرم در هکتار)، زیست‌توده (۷۱۹۷ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت و حداکثر راندمان مصرف آب به‌ازای عملکرد غوزه و زیست‌توده (به‌ترتیب ۰/۱ و ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب) گیاه در شرایط کاربرد تلفیقی کود گاوی+کود شیمیایی مشاهده شد. تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه باعث حصول حداکثر ارتفاع گیاه (۹۱/۵)، تعداد غوزه‌ی شاخه اصلی و جانبی (به‌ترتیب ۲۰/۱ و ۴۷/۵ عدد)، عملکرد غوزه (۶۷۲/۷ کیلوگرم در هکتار) و زیست‌توده (۶۹۴۴ کیلوگرم در هکتار) شد. نتایج اثرات متقابل حاکی از آن بود که مصرف هم‌زمان کود گاوی و شیمیایی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه توانست تعداد شاخه جانبی، عملکرد غوزه خشک و زیست‌توده را به بالاترین مقدار افزایش دهد. حداکثر راندمان مصرف آب به‌ازای عملکرد غوزه و زیست‌توده (۰/۲ و ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب) با مصرف تلفیقی کود گاوی+شیمیایی به همراه تأمین ۳۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. به‌طورکلی، نتایج حاکی از آن بود که مصرف تلفیقی منابع تغذیه‌ای و تأمین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی گیاه اکثر صفات گیاه چای‌ترش را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، شاخص برداشت، عملکرد غوزه، کود گاوی

مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع غنی کشور ایران می‌باشند که بسیاری از این گیاهان پتانسیل خوبی جهت مقاومت در برابر تنش‌های محیطی دارند و دارای مصارف چندمنظوره می‌باشند و از این رو لازم است به‌عنوان گیاه جدید به سیستم‌های زراعی معرفی شوند (Rezvani Moghaddam, 2008). یکی از گونه‌های گیاهی که می‌تواند به‌عنوان گیاهی جدید در برخی از مناطق کشور به سیستم‌های زراعی معرفی شود، چای ترش است (Fallahi *et al.*, 2017).

گیاه دارویی چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* L. گیاهی یک‌ساله و علفی است که به خانوادهٔ مالواسه[4] تعلق دارد و در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری رشد می‌کند (Borras Linares *et al.*, 2015). چای ترش بومی آفریقا بوده و در تمام مناطق استوایی و گرم کشت می‌شود و در ایران به نام‌های چای مکی، چای قرمز و چای‌ترش شناخته می‌شود (Torabi, 2004). چای‌ترش گیاهی روزکوتاه و خودگشن است و به سرما و یخبندان حساس می‌باشد (Duke, 2006). این گیاه به‌عنوان یک محصول جدید مطرح بوده و از حیث کاربرد، چند منظوره می‌باشد و جهت استفاده خوراکی (غوزه) و یا استفاده از الیاف، مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Abid Askari, 1995).

گیاه چای‌ترش به‌عنوان یک گیاه چند منظوره و غنی از مواد غذایی می‌تواند در سیستم‌های زراعیِ برخی از مناطق کشور توسعه یابد. با این وجود، کاشت گیاهان دارویی جدید در مناطقی مانند ایران از یک طرف نیازمند ارزیابی میزان مقاومت آن‌ها به تنش خشکی بوده و از سوی دیگر بایستی موضوع تولید این گیاهان بر اساس اصول اکولوژیک مورد توجه باشد (Fallahi *et al.*, 2017).

بهره‌گیری از اصول کشاورزی فشرده به‌خصوص استفادهٔ بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی موجب شده است تا میزان موادآلی و فعالیت جوامع میکروبی در خاک‌های زراعی کشور روز به روز کمتر شود. مطالعات نشان داده است که مصرف بیش از حد و نامتعادل

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب استاد، دانشیار، پژوهشگر پسادکتری و دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v18i4.74509
4- Malvaceae

کودهای شیمیایی در بلند مدت، باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی، فعالیت‌های بیولوژیکی و خصوصیات فیزیکی خاک، افزایش تجمع نیترات و عناصر سنگین، اسیدی شدن خاک و در نهایت منجر به افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد (Ghost and Bhat, 1998; Adediran *et al*., 2004; Aseri *et al*., 2008). از این‌رو، به‌منظور کاهش این خطرات، باید از نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت را نیز به همراه داشته باشد (Murty and Ladha, 1988). بنابراین، کشاورزی پایدار از طریق جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی و افزایش راندمان نهاده‌ها مانند آب، درصدد افزایش حاصلخیزی و سلامت خاک، حفظ محیط‌زیست، افزایش کیفیت محصولات و حفاظت از منابع می‌باشد (Aghhavani Shajari, 2012; Ebhin Masto *et al*., 2006). در همین راستا، بررسی‌های مختلف نشان داده است که کاربرد منابع تغذیه‌ای آلی باعث بهبود رشد و نمو گیاه دارویی چای‌ترش گردید (Nabila and Aly, 2002; Gendy *et al*., 2012).

کاهش کیفیت خاک‌های زراعی به‌دلیل استفاده‌ی گسترده از روش‌ها و نهاده‌های کشاورزی رایج، در کنار کاهش منابع آب و افزایش شدت تنش خشکی در کشور، به‌کارگیری روش‌هایی که موجب کاهش شدت این مشکلات شوند را ضروری می‌نماید. در این راستا، استفاده از کودهای دامی و حجم کافی آب می‌تواند ضمن تأمین نیازهای تغذیه‌ای گیاه، موجب کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی شود. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین مشکلات تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد (Yang *et al*., 2006). محدودیت شدید منابع آب و هزینهٔ بالای تأمین و انتقال آب در برخی مناطق سبب می‌شود که سطح بهینهٔ آبیاری را کمتر از مقدار آب موردنیاز برای تولید حداکثر عملکرد گیاه در نظر گیرند (Fallahi *et al*., 2017). اعمال مدیریت صحیح تغذیه‌ای و آبیاری و نیز کاشت گیاهان مقاوم به خشکی از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش بازدهی مصرف آب و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب در مناطق نیمه‌خشک می‌باشد (Fuladivanda *et al*., 2010; Safari *et al*., 2013). چای‌ترش یکی از گیاهان کم‌نیاز به آب و عناصر غذایی و نسبتاً مقاوم به خشکی است، به‌طوری‌که کشت این گیاه در مناطق خشک ایران ازجمله استان سیستان و بلوچستان، رایج می‌باشد (Akbarinia, 2003). بنابراین، مطالعهٔ نیازهای اکولوژیکی و زراعی این گیاه در مناطق جدید، دارای اهمیت است (Fallahi*et al*., 2017).

کم‌آبیاری یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف آب در زمین‌های زراعی است که در آن گیاه زراعی به مقداری کمتر از نیاز آبی آبیاری می‌شود (Akbari Nodehi, 2014). کم‌آبیاری از طریق روش‌هایی مانند کاهش حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری، افزایش فواصل آبیاری، قطع آبیاری در زمان مشخصی از رشد و حذف آبیاری‌هایی که کمترین بازدهی را دارند، قابل اجرا می‌باشد (Fereres and Soriani, 2007; Ghorbani Nasrabad and Hezargaribi, 2010). در برخی از پژوهش‌های علمی موضوع مدیریت آبیاری (Rahbariyan *et al*., 2011) بر رشد، عملکرد و برخی شاخص‌های کیفیِ میوهٔ چای ترش مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به ضرورت استفادهٔ بهینه از منابع محدود آب و منابع تغذیه‌ای در بخش کشاورزی و به‌دلیل اهمیت معرفی گیاهان سازگار به تنش، در این پژوهش امکان کشت گیاه دارویی چای‌ترش در شرایط اقلیمی استان خراسان رضوی بررسی شده است. علاوه بر این، به‌دلیل نقش مدیریت صحیح منابع غذایی در کاهش تلفات آب استفاده از این نهاده‌ها نیز در این تحقیق بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. به‌منظور بررسی ارتباط راندمان مصرف عناصر و آب در گیاه دارویی چای‌ترش در منطقه مشهد، آزمایشی به‌صورت کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل مدیریت تغذیه (فاکتور افقی) و آبیاری (فاکتور عمودی) با سه تکرار به‌اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل مدیریت تغذیه در چهار سطح (کود شیمیایی، کود گاوی، کود گاوی+کود شیمیایی و شاهد) و مدیریت آبیاری در سه سطح (۳۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه چای ترش) بود که اثر تلفیقی این تیمارها در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر صورت گرفت و همراه با کود گاوی مورد استفاده، مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental location

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک pH	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	بافت خاک Soil texture
3.21	7.24	135	13.2	0.063	0.59	لومی Loam

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی کود گاوی
Table 2- Chemical properties of cow manure

نوع کود Fertilizer type	نیتروژن Total Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (mg.kg^{-1})	پتاسیم Potassium (mg.kg^{-1})	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
کود گاوی Cow manure	0.57	0.09	1.1	6.1	6.8

جدول ۳- داده‌های هواشناسی منطقه آزمایش سال ۹۴-۱۳۹۳
Table 3- Meteorological data for the area tested in the years 2014-15

فاکتورهای هواشناسی Meteorology data	سال Year	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March
Mashhad مشهد													
حداقل دما Minimum temperature (°C)	2014	1.3	8.8	15	18.4	11.6	12.5	1.8	-3.5	-8.2	-8.6	-0.2	-8.8
	2015	8.2	14.1	19.0	22.7	20.1	15.59	11.34	5.37	0.43	0.83	-0.8	7.07
حداکثر دما Maximum temperature (°C)	2014	29.3	36.3	39.8	39.5	39.6	39	35.9	22.7	19.9	19.6	19.8	27
	2015	21.6	28.7	34.7	36.8	35.5	26.46	25.8	17.01	11.58	13.76	11.22	17.12
میانگین دما Mean temperature (°C)	2014	14.5	21.2	26.9	29.1	26	24.8	15.1	9.7	3.3	4.4	7.3	10.9
	2015	14.9	21.4	26.9	29.7	27.8	21.88	18.57	11.19	6.01	7.29	5.21	12.09
مجموع بارش ماهانه Total monthly precipitation (mm)	2014	28.2	26.6	0.4	0	2.8	0.4	13.8	17.6	16	12.7	13.7	58.4
	2015	26.1	23.8	0.3	0	0	0	16.9	42.4	10.5	5	2.9	73.7

به‌منظور اجرای این آزمایش بذرهای تهیه شده از توده بومی استان سیستان وبلوچستان در ابتدای بهمن ماه ۱۳۹۳، بذور در داخل سینی‌های نشا حاوی کوکوپیت و ماسه در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد کشت شدند و پس از آن هر هفته سه مرتبه آبیاری صورت گرفت. بعد از ۵-۳ روز جوانه‌زنی به‌طور کامل صورت گرفت. یک هفته قبل از کاشت در زمین اصلی، در انتهای فروردین ماه ۱۳۹۴ کاشت نشاها در مزرعه صورت گرفت. نشاها در زمان کاشت در مرحله سه برگی بودند.

به‌منظور اجرای این آزمایش در مزرعه زمینی که طی دو سال گذشته آیش بود انتخاب و مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و دیسک‌زنی در اوایل فروردین ۱۳۹۴ انجام شد. کود گاوی مورد استفاده در کرت‌های مورد نظر به‌طور یکنواخت پخش و بلافاصله توسط بیل با خاک مخلوط شد. سپس با استفاده از شیارساز، جوی و پشته هایی به عمق ۳۰ سانتی‌متر و فاصله ۷۵ سانتی‌متر ایجاد گردید. فاصله دو کرت اصلی و فاصله بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. همچنین نشاها به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر روی ردیف کشت شدند؛ به طوری‌که هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف بود. توصیه کودی بر اساس نمونه خاک ارسالی به آزمایشگاه ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و۲۰۰ کیلوگرم اوره برای این گیاه ارایه گردید.

سپس مقدار نیتروژن توصیه شده به‌عنوان معیار تعیین مقادیر تیمار کود گاوی قرار داده شد. بر این اساس مقدار نیتروژن تیمار کود شیمیایی، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و مقدار تیمار کود گاوی ۱۶ تن در هکتار محاسبه گردید. لازم به توضیح است که بر اساس منابع موجود عناصر غذایی کود گاوی تماما در سال اول آزاد نمی‌شود و تنها به میزان ۴۰ تا۵۰ درصد آن در سال اول کاربرد، برای گیاه قابل استفاده است (Pimentel, 1993). لذا مقدار کود گاوی به میزان دو برابر معادل نیتروژن کود شیمیایی لحاظ شد (۳۲ تن در هکتار). تمامی کودهای فسفر و پتاسیم و یک سوم از نیتروژن (کود شیمیایی) هم‌زمان با کشت به کرت‌های مربوط به تیمار کود شیمیایی اضافه شد و باقیمانده کود نیتروژن ۹۰ روز پس از کشت بعد از اولین وجین همراه با آب آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. وجین علف‌های هرز در یک نوبت ۹۰ روز پس از کشت به‌صورت دستی توسط کارگر انجام شد.

برداشت این گیاه قبل از فرا رسیدن اولین سرمای پاییزه در مشهد در تاریخ ۲۰ مهرماه ۱۳۹۳ صورت گرفت. قبل از برداشت تعداد سه بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غوزه‌ی شاخه اصلی و جانبی در بوته محاسبه شد. پس از حذف دو ردیف کناری هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، زیست‌توده گیاهی کل برداشت و سپس عملکرد غوزه، زیست‌توده و شاخص برداشت تعیین گردید.

به‌منظور تعیین تقریبی نیاز آبی گیاه چای ترش و نبود اطلاعات کافی در مورد ضرایب گیاهی (Kc) این گیاه، از نیاز آبی گیاه پنبه (*Gossypium herbaceum*) که با این گیاه هم‌خانواده و از لحاظ مورفولوژیکی و دوره رشدی مشابهت‌های زیادی دارد استفاده شد. نیاز آبی گیاه پنبه توسط نرم‌افزار OPTIWAT (Alizadeh and Kamali, 2007) در شرایط اقلیمی مشهد ۱۵۰۰۰ مترمکعب در سال برآورد شد. سپس تیمارهای ۳۰، ۷۰ و ۱۰۰درصد نیاز آبی گیاه (به‌ترتیب ۴۵۰۰، ۱۰۵۰۰ و ۱۵۰۰۰ متر مکعب) تعیین و آب آبیاری در هر دور آبیاری توسط کنتور ((WPI-SDC DN50(2”) ثبت خواهد شد. همین‌طور میزان آب وارده از طریق بارندگی با توجه به داده‌های ایستگاه هواشناسی محاسبه خواهد شد.

داده‌های به‌دست آمده از آزمایش، در رابطه (۱) قرار گرفته و میزان کارآیی مصرف آب برای گیاه محاسبه شد.

$$WUE = D / Wp + Wi \qquad (۱)$$

که در آن: D: عملکرد اقتصادی، WP: آب بارندگی، Wi: آب آبیاری می‌باشد.

راندمان مصرف آب برحسب کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم آب مصرفی (آب آبیاری+بارندگی) محاسبه شد. اعمال و تیمارهای آبیاری دو هفته پس از نشا کردن گیاه انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار Minitab Ver. 16 صورت گرفت. میانگین‌ها نیز به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دار تیمارهای تغذیه‌ای، آبیاری و اثر متقابل تیمارها بر ارتفاع بوته بود (جدول ۴). حداکثر ارتفاع بوته چای‌ترش در صورت کاربرد تلفیقی کود شیمیایی+کود گاوی (۸۹/۲۸ سانتی‌متر) و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (۹۱/۴۶ سانتی‌متر) به‌دست آمد؛ به‌طوری‌که با افزایش آبیاری از ۳۰ تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، میزان این شاخص ۲۶ درصد بهبود یافت. کاربرد هم‌زمان تیمارهای کودی در مقایسه با مصرف منفرد آن‌ها توانست ارتفاع بوته را ۱۶ درصد افزایش دهد (جدول ۵). نتایج اثرات متقابل نشان داد که کاربرد کود گاوی و تأمین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی گیاه (۱۰۰/۵ سانتی‌متر) و سپس مصرف تلفیقی کود گاوی+کود شیمیایی به همراه تأمین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی گیاه (۱۰۰/۳ سانتی‌متر) باعث حصول حداکثر ارتفاع گیاه و مصرف کود شیمیایی به‌همراه تأمین ۳۰ درصدی نیاز آبی گیاه (۵۹/۵۰ سانتی‌متر) باعث حصول حداقل مقدار این شاخص در گیاه چای‌ترش گردید (جدول ۶).

رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2017) در آزمایشی روی چای‌ترش دریافتند که حداکثر ارتفاع بوته در شرایط مصرف هم‌زمان کود گاوی و کود شیمیایی به‌دست آمد. در پژوهش دیگری، مشاهده شد که حداکثر مقدار این شاخص (۱۸۹ سانتی‌متر) با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی حاصل شد (Aknabi *et al.*, 2009). به‌علاوه، گد (Gad, 2011) در مطالعه‌ای بر گیاه چای ترش دریافت که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود مرغی، ارتفاع بوته را به حداکثر رساند. با توجه به مطالعات انجام شده، می‌توان بیان کرد که کاربرد کودهای حیوانی، از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاه از جمله ارتفاع بوته می‌شود (Darzi *et al.*, 2009). مطالعه فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.*, 2017) نیز حاکی از افزایش ارتفاع بوته چای‌ترش در شرایط فراهمی رطوبت نسبت به شرایط کم‌آبیاری بود. به‌نظر می‌رسد، تلفیق استفاده از منابع تغذیه‌ای و آبیاری سبب شده است که از یک‌طرف گیاه در طول فصل رشد با کمبود منابع غذایی مواجه نشود و از طرفی از شرایط موجود به نفع تولید اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد استفاده کرده باشد.

تعداد شاخه جانبی

نتایج بیانگر اثر معنی‌دار اثرات ساده و متقابل تیمارهای آزمایشی بر تعداد شاخه جانبی بود (جدول ۴). تیمار تلفیقی کود گاوی+کود شیمیایی و تیمار شاهد به‌ترتیب باعث حصول حداکثر و حداقل تعداد شاخه جانبی در گیاه چای ترش گردید. نتایج اثرات متقابل حاکی از آن بود که مصرف تلفیقی کود شیمیایی و دامی و نیز تأمین ۱۰۰ نیاز آبی گیاه چای ترش توانست شاخص مذکور را به بالاترین تعداد خود برساند (جدول ۵).

در طی پژوهشی روی گیاه چای ترش گزارش شد که استفاده تلفیقی از منابع کودی تعداد شاخه‌های جانبی گیاه را افزایش داد (Aknabi *et al.*, 2009). در مطالعه دیگری حداکثر تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه چای ترش در شرایط استفاده تلفیقی از کود مرغی و دامی گزارش شده است (Nabila and Aly, 2002). در پژوهشی دیگر، کاربرد ۲۰ تن کود مرغی در هکتار باعث حصول حداکثر شاخه‌های جانبی گیاه چای ترش گردید (Gad, 2011). نتایج آزمایشی حاکی از کاهش تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر کم‌آبیاری (آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) (Fallahi *et al.*,

2017) بود؛ به‌طوری‌که آبیاری مناسب گیاه باعث بهبود ۳۵ درصدی این شاخص نسبت به شرایط اعمال تنش خشکی بود. به‌نظر می‌رسد اعمال تنش خشکی، رطوبت قابل دسترس خاک را در محیط ریشه گیاه کاهش داده و به دنبال آن جذب آب و عناصرغذایی با مشکل مواجه می‌شود و بر صفات رشدی گیاه اثر منفی می‌گذارد.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد گیاه دارویی چای ترش تحت تاثیر تیمارهای مختلف

Table 4- Results of analysis variance (mean square) for yield components of Roselle affected by different treatments

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی Numbers of lateral branch	تعداد غوزه‌ی شاخه اصلی Bolls number of the main branch	تعداد غوزه‌ی شاخه جانبی Bolls number of the lateral branch
تکرار Replicate	2	145.5*	5.333*	36.75**	4.69ns
تغذیه‌ای Nutrient	3	770.0**	9.657**	45.82**	1654**
تکرار×تغذیه‌ای Replicate×Nutrient	6	96.36*	0.074ns	1.880ns	231.8**
آبیاری Irrigation	2	1771**	6.812**	393/8**	710.0**
تکرار×آبیاری Replicate×Irrigation	4	95.72*	0.020ns	1.312ns	36.19ns
تغذیه‌ای×آبیاری Nutrient×Irrigation	6	90.19*	4.969**	32.97**	192.4*
خطا Error	12	23.13	0.9282	3.025	47.55
ضریب تغییرات C.V (%)	-	6	17.8	10.2	19.5

**، * و ns به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم وجود اثر معنی‌دار

**, * and ns significant difference over control at p< 0.01 and p< 0.05 and not significantly respectively

جدول ٥- مقایسه میانگین‌های اجزای عملکرد گیاه دارویی چای‌ترش تحت تاثیر اثرات متقابل تیمارهای مختلف

Table 5- Results of mean comparisons of yield components of Roselle affected by different treatments

تغذیه‌ای Nutrient	آبیاری Irrigation	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی Numbers of lateral branch/plant	تعداد غوزه‌ی شاخه اصلی Bolls number of the main branch	تعداد غوزه‌ی شاخه جانبی Bolls number of the lateral branch
شاهد Control	۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	68.00cd	4.50bc	8.50d	10.00d
	۷۰٪ نیاز آبی 70% of Water requirements	93.50ab	3.50c	16.00bc	20.50cd
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	92.50ab	5.00abc	24.50a	23.50bcd
کود گاوی Cow manure	۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	67.00cd	4.00c	15.00bc	29.00bcd
	۷۰٪ نیاز آبی 70% of Water requirements	83.00abc	4.83bc	19.67ab	27.50bcd
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	100.5a	5.50abc	25.50a	37.50bc
کود شیمیایی Chemical fertilizer	۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	59.50d	4.50bc	12.50cd	29.50bcd
	۷۰٪ نیاز آبی 70% of Water requirements	72.00cd	8.00ab	16.00bc	39.00bc
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	72.50cd	5.50abc	15.50bc	65.50a
کود گاوی+کود شیمیایی Cow manure + Chemical fertilizer	۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	77.00bcd	5.50abc	8.00d	46.00ab
	۷۰٪ نیاز آبی 70% of Water requirements	90.50ab	5.67abc	19.83ab	48.50ab
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	100.3a	8.50a	24.00a	48.50ab

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Similar letter in each column indicate no significant difference at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

تعداد غوزه‌ی شاخه اصلی و جانبی

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثرات معنی‌دار تیمارهای تغذیه‌ای، آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها بر تعداد غوزه‌ی شاخه اصلی و جانبی گیاه چای‌ترش بود (جدول ۴). مصرف کود گاوی و سپس تیمار کود گاوی+کود شیمیایی به‌ترتیب باعث حصول بیشترین تعداد غوزه‌ی شاخه اصلی و جانبی گردید. به‌علاوه، بیشترین تعداد غوزه‌ی شاخه اصلی و جانبی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد؛ به‌طوری‌که با کاهش آبیاری تا ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه، تعداد این شاخص‌ها به‌ترتیب ۵۱ و ۳۵ درصد کاهش یافت. این موضوع حاکی از آن است که کاهش تأمین نیاز آبی گیاه، باعث اختلال در روند فتوسنتز و در نتیجه کاهش تعداد غوزه چای‌ترش گردید.

رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2017) گزارش نمودند که کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و گاوی باعث بهبود تعداد کل غوزه‌های گیاه چای ترش شد. محقق دیگری نیز در پژوهشی روی گیاه چای ترش دریافت که استفاده از ۲۰ تن کود مرغی باعث حصول حداکثر تعداد میوه گیاه چای ترش شد (Gad, 2011). نبیلا و آلی (Nabila and Aly, 2002) نیز افزایش تعداد میوه گیاه چای ترش را تحت تأثیر استفاده تلفیقی کود مرغی و دامی گزارش نمودند. به‌طورکلی، افزایش محتوای آب و قابل دسترس شدن عناصر غذایی به‌طور مناسب، می‌تواند در بهبود رشد گیاه اثرگذار باشد.

عملکرد غوزه خشک

نتایج بیانگر آن بود که اثرات ساده تیمارهای آزمایشی بر عملکرد غوزه چای‌ترش معنی‌دار بود (جدول ۶). حداکثر مقادیر عملکرد غوزه چای ترش با مصرف کود گاوی به همراه کود شیمیایی و همچنین با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. مصرف تلفیقی منابع تغذیه‌ای نسبت به مصرف منفرد آن‌ها باعث بهبود ۳۵ درصدی عملکرد غوزه گردید. نتایج نشان داد که افزایش تأمین نیاز آبی گیاه از ۳۰ به ۱۰۰ درصد موجب بهبود عملکرد غوزه شد (جدول ۷). علاوه بر این، بیشترین عملکرد خشک غوزه در شرایط استفاده توأم کود گاوی+کود شیمیایی و تأمین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی و کمترین مقدار آن در تیمار عدم استفاده از تیمار تغذیه‌ای به همراه تأمین ۳۰ درصد نیازآبی به‌دست آمد (جدول ۸).

صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2014) در پژوهشی بر گیاه ختمی (*Althaea officinalis*) مشاهده کردند که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، تأثیرات معنی‌داری را در افزایش سطح برگ و وزن گل در بوته به همراه داشت. اکنابی و همکاران (Aknabi*et al.*, 2009) با بررسی تأثیر کودهای آلی و معدنی بر عملکرد غوزه گیاه چای ترش گزارش کردند که تیمار تلفیقی کمپوست و کود شیمیایی باعث حصول حداکثر عملکرد غوزه گردید. علاوه براین، تیمار پنج تن کمپوست به‌همراه ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن باعث افزایش ۴۵ درصدی عملکرد غوزه نسبت به تیمار کود شیمیایی شد. به‌طورکلی، این محققان استفاده تلفیقی از منابع کودی را بهتر از کاربرد منفرد آن‌ها گزارش نمودند. آن‌ها بیان نمودند که استفاده تلفیقی از منابع کودی از طریق ایجاد اثر تحریک‌کنندگی عناصر معدنی بر آلی موجب تعادل بهتر عناصر موجود در خاک و در نتیجه استفاده مناسب‌تر گیاه و بهبود رشد آن‌ها می‌گردد؛ که این نتیجه با گزارش‌های اکنابی (Aknabi, 2002) بر بامیه (*Abelmoschus esculentus*) و ذرت (*Zea mays*) مطابقت داشت. نبیلا و آلی (Nabila and Aly, 2002) نیز بیان کردند که زیست‌توده، وزن تازه و عملکرد غوزه گیاه چای‌ترش تحت تأثیر استفاده توام کود مرغی و دامی افزایش یافت. نعمتی و دهمرده (Nemati and Dehmarde, 2015) در پژوهشی دریافتند که تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار کود حیوانی × مصرف کود زیستی نیتروکسین باعث حصول بیشترین عملکرد اقتصادیِ چای‌ترش گردید. نتایج گندری و همکاران (Gendry *et al.*, 2012) نیز نشان داد که مصرف منفرد یا تلفیقی کود گاوی با کودهای زیستی موجب بهبود عملکرد کمی غوزه در چای‌ترش شد. پارسامطلق (Parsa Motlagh, 2015) نیز اثرات مصرف کود گاوی و ورمی‌کمپوست را بر بهبود شاخص‌های مورفولوژیکی و عملکرد غوزه چای‌ترش مفید گزارش نمودند. در پژوهش دیگری، فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.*, 2017) مقدار عملکرد غوزه تک‌بوته چای‌ترش را در تیمارهای تامین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌ترتیب ۱۷/۴، ۱۶/۲ و ۱۳/۳ بیان نمود.

نتایج فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.*, 2017) بیانگر آن بود که کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد غوزه چای‌ترش گردید؛ به-طوری‌که عملکرد غوزه در تیمار فراهمی مطلوب، ۴۱ درصد بیشتر از گیاهان تحت تنش خشکی بود. تنش خشکی از طریق کاهش شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و راندمان مصرف نور باعث کاهش عملکرد گیاهان دارویی می‌شود (Fallahi *et al.*, 2017). در این ارتباط، در پژوهشی کاهش رشد و عملکرد غوزه چای ترش تحت تاثیر تنش خشکی گزارش شد (Khalil and Yousef, 2014). به‌طورکلی، کاربرد هم‌زمان کودهای دامی و شیمیایی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی توانست کارایی جذب مواد غذایی و در نتیجه عملکرد گیاهان مورد مطالعه را افزایش بخشد (Mallanagouda, 1995). از طرفی، تأمین رطوبت و منابع غذایی کافی برای گیاه، مانع از بروز تنش و افزایش رشد و توسعه ریشه و درنهایت بهبود عملکرد گیاه می‌گردد.

جدول ٦- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد گیاه دارویی چای ترش تحت تاثیر تیمارهای مختلف
Table 6- Results of analysis variance (mean square) of Roselle yield affected by different treatments

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	عملکرد خشک غوزه Boll dry yield	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	شاخص برداشت Harvest index	راندمان مصرف آب غوزه Boll water use efficiency	راندمان مصرف آب زیست‌توده Biomass water use efficiency
تکرار Replicate	2	109959**	1167180**	13.74**	0.0016**	0.0176**
تغذیه‌ای Nutrient	3	431775**	8238414**	41.27**	0.0072**	0.1416**
Replicate* Nutrient تکرار* تغذیه‌ای	6	3127ns	7607**	0.3738ns	0.00008ns	0.0001**
آبیاری Irrigation	2	93758**	9346317**	5.945**	0.0152**	2.084**
Replicate* Irrigation تکرار*آبیاری	4	1458ns	8360**	0.0794ns	0.0001*	0.0019**
Nutrient* Irrigation تغذیه‌ای *آبیاری	6	2738ns	161629**	0.9758ns	0.0011**	0.0224**
خطا Error	12	2301	149	0.5578	0.00005	0.000002
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	8.3	20.0	9.2	10.15	16.0

**، * و ns به‌ترتیب نشان‌دهندۀ معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم وجود اثر معنی‌دار

**, * and ns significant difference over control at $p< 0.01$ and $p< 0.05$ and not significantly respectively.

عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر زیست‌توده و شاخص برداشت گیاه چای‌ترش بود (جدول ۶). مصرف توأم کود گاوی+کود شیمیایی باعث حصول بیشترین مقادیر زیست‌توده و شاخص برداشت شد. افزون بر این، مصرف تلفیقی کود گاوی و شیمیایی در مقایسه با مصرف منفرد آن‌ها باعث بهبود ۲۰ درصدی این صفات گردید. حداکثر مقادیر زیست‌توده و شاخص برداشت به‌ترتیب با تأمین ۱۰۰ و ۷۰ درصدی نیاز آبی گیاه به‌دست آمد. افزایش میزان رطوبت مورد نیاز گیاه تا ۱۰۰ درصد میزان زیست‌توده را ۸ درصد و شاخص برداشت چای ترش را ۲۳ درصد بهبود بخشید (جدول ۷). نتایج اثرات متقابل نیز حاکی از آن بود که مصرف هم‌زمان کود گاوی+شیمیایی و تأمین ۱۰۰ نیاز آبی گیاه زیست‌توده را به حداکثر مقدار خود رسانید (جدول ۸).

نتایج پژوهشی بیانگر آن بود که کاربرد تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی در مقایسه با کاربرد جداگانه هرکدام از آن‌ها، عملکرد غوزه را ۱۳ درصد بهبود بخشید (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2017). محققی دیگردر طی پژوهش روی گیاه چای ترش دریافت که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی در مقایسه با کاربرد منفرد آن‌ها تاثیرات به مراتب بهتری بر عملکرد کمی و کیفی این گیاه داشت (Aknabi *et al.*, 2009). نتایج رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2015) بیانگر همبستگی مثبت بین عملکرد گیاه چای ترش با ارتفاع بوته بود؛ لذا به‌نظر می‌رسد در تیمارهایی که ارتفاع گیاه بیشتر بوده، گیاه از توزیع برگ مناسب‌تری برخوردار بوده و از فضای موجود جهت تولید غوزه بیش‌تر استفاده خواهد کرد، لذا عملکرد گیاه نیز بیشتر شده است. به‌طورکلی، به‌نظر می‌رسد کاربرد تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی باعث بهبود تمامی شاخص‌های رشدی گیاه چای ترش گردید که این موضوع باعث افزایش زیست‌توده این گیاه در تیمارهای تلفیقی گردید (جدول ۸). فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.*, 2017) افزایش ۵۰ درصدی زیست‌توده در شرایط فراهمی رطوبت را در مقایسه با شرایط اعمال تنش خشکی گزارش نمودند. در پژوهشی اثرات منفی تنش خشکی بر رشد چای‌ترش به عواملی مانند بسته شدن روزنه‌ها، کاهش جذب دی‌اکسید کربن، کاهش سطح فتوسنتزکننده، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالابردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوزفسفات نسبت داده شد (Parsa Motlagh, 2015).

شاخص برداشت حاکی از توانایی گیاه برای اختصاص منابع بین ساختار رویشی و زایشی گیاه است. به‌نظر می‌رسد، تلفیق کود گاوی و شیمیایی موجب فراهمی مناسب‌تر عناصر غذایی و آب و ایجاد محیط بهتر جهت رشد گیاه شده و در نتیجه موجب تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به بخش زایشی نسبت به رویشی شده که این موضوع باعث حصول حداکثر شاخص برداشت در این تیمار گردید. فراهمی نیتروژن برای گیاه از طریق تاثیر بر تجمع کربوهیدرات‌ها بر مخازن میوه گیاهان مختلف نیز بسیار حائز اهمیت است (Gyllapsy *et al.*, 1993). تهامی‌زرندی و همکاران (Tahami Zarandi, 2000) نیز در تحقیقی بیان کردند که تأثیر کودهای آلی و زیست‌توده بر شاخص برداشت گیاه ریحان (*Ocimumbasilicum*) مثبت بود. همچنین اقحوانی‌شجری و همکاران (Aghhavani Shajari *et al.*, 2012) حداکثر شاخص برداشت گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum*

(*sativum*) را تحت تاثیر تیمار تلفیقی کود میکوریزا به همراه کود شیمیایی گزارش نمودند.

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای‌ترش تحت تاثیر تیمارهای مختلف

Table 7- Results of mean comparisons of yield components of Roselle affected by different treatments

تیمارها Treatments	عملکرد غوزه خشک Boll dry yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیست‌توده Biomass yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	راندمان مصرف آب غوزه Boll water use efficiency ($kg.m^{-3}$)	راندمان مصرف آب زیست‌توده Biomass water use efficiency ($kg.m^{-3}$)
تغذیه‌ای Nutrient					
شاهد Control	325.5c	4875d	6.68c	0.04c	0.59c
کود گاوی Cow manure	572.2b	5839b	9.72b	0.07b	0.72b
کود شیمیایی Chemical fertilizer	555.2b	5789c	9.52b	0.07b	0.71b
کود گاوی+کود شیمیایی Cow manure + Chemical fertilizer	860.1a	7197a	11.91a	0.11a	0.89a
آبیاری Irrigation					
۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	497.5c	5392c	8.76b	0.11a	1.21a
۷۰٪ نیاز آبی 70% of Water requirements	564.5b	5439b	10.16a	0.05b	0.51b
۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	672.7a	6944a	9.45ab	0.04c	0.46c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Similar letter in each column indicate no significant difference at 5% probability level using Duncan's multiple range test

راندمان مصرف آب

نتایج نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای آزمایشی بر راندمان مصرف آب به‌ازای عملکرد غوزه و زیست‌توده معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین مقادیر این صفات (به‌ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۸۹کیلوگرم بر متر مکعب) با کاربرد کود گاوی به‌همراه کود شیمیایی و کمترین آن‌ها در تیمار شاهد (به‌ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۵۹کیلوگرم بر متر مکعب) حاصل گردید؛ به‌طوری‌که کاربرد تلفیقی منابع تغذیه ای در مقایسه با کاربرد منفرد آن‌ها باعث بهبود ۳۷ و ۲۰ درصدی به‌ترتیب راندمان مصرف آب به‌ازای عملکرد غوزه و زیست‌توده گردید. همچنین، تأمین ۳۰ درصد نیاز آبی باعث شد راندمان مصرف آب به‌ازای عملکرد غوزه و زیست‌توده به حداکثر مقدار خود برسد و با افزایش تأمین نیاز آبی این مقادیر روندی کاهشی در پیش گرفت (جدول ۷). همچنین، نتایج اثرات متقابل حاکی از آن بود که مصرف تلفیقی کود گاوی+کود شیمیایی به‌همراه تأمین ۳۰ درصدی نیاز آبی گیاه، راندمان مصرف آب به‌ازای عملکرد غوزه و زیست‌توده را بهبود بخشید (جدول ۸).

نتایج پژوهش فلاحی و همکاران (Fallahi*et al.*, 2017) حاکی از اثر مثبت کم آبیاری بر راندمان مصرف آب در گیاه چای ترش بود که با مشاهدات ثقه‌الاسلامی و همکاران (Seghatol Islami*et al.*, 2013) مطابقت داشت. برخی محققان دریافتند که تأمین ۷۰ تا ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه پنبه نسبت به آبیاری کامل، بدون این‌که کاهشی در عملکرد ایجاد نماید توانست راندمان مصرف آب را افزایش دهد (Ghorbani Nasrabad and Hezargaribi, 2010; Akbari Nodehi, 2014). فرداد و ضیغمی‌گل (Fardad and Zeyghami Gol, 2005) نیز بیان نمودند که در پنبه، سود حاصل از واحد حجم آب در شرایط تأمین ۵۰ درصدی نیاز آبی گیاه با سود حاصل از آبیاری کامل برابر بود. به‌نظر می‌رسد در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، فراوانی آب باعث کاهش عمق توسعه ریشه و نیز آبشویی عناصر شده؛ بنابراین، عناصر سریع‌تر از دسترس گیاه خارج شده و عملکرد گیاه و درنتیجه راندمان مصرف آب، کاهش یافته است.

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تیمارهای مختلف بر عملکرد گیاه دارویی چای‌ترش
Table 8- Results of mean comparisons of interaction of different treatments on yield of Roselle

تغذیه‌ای Nutrient	آبیاری Irrigation	عملکرد خشک غوزه Boll dry yield ($kg.ha^{-1}$)	زیست‌توده Biomass yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	راندمان مصرف آب غوزه Boll water use efficiency ($kg.m^{-3}$)	راندمان مصرف آب زیست‌توده Biomass water use efficiency ($kg.m^{-3}$)
شاهد Control	۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	259.4f	4311i	6.02e	0.06de	0.96c
	۷۰٪ نیاز آبی 70% of Water requirements	328.6ef	4253j	7.66cde	0.03fg	0.41i
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	388.5def	6062e	6.36de	0.03g	0.40i
کود گاوی Cow manure	۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	479.6de	5339g	8.92bcd	0.11b	1.19b
	۷۰٪ نیاز آبی 70%of Water requirements	555.2cd	5356fg	10.34abc	0.05ef	0.51f
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	682.0bc	6824c	9.91abc	0.05efg	0.45h
کود شیمیایی Chemical fertilizer	۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	443.8de	5397f	8.13bcd	0.10bc	1.20b
	۷۰٪ نیاز آبی 70% of Water requirements	535.4cd	4999h	10.68ab	0.05efg	0.48g
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	686.5bc	6969b	9.74abc	0.05efg	0.46gh
کود گاوی+کود شیمیایی Cow manure + Chemical fertilizer	۳۰٪ نیاز آبی 30% of Water requirements	807.5ab	6710d	11.96a	0.18a	1.49a
	۷۰٪ نیاز آبی 70% of Water requirements	939.0ab	6961b	11.98a	0.08cd	0.66d
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of Water requirements	934.0a	7920a	11.78a	0.06de	0.53e

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Similar letter in each column indicate no significant difference at 5% probability level using Duncan's multiple range test

نتیجه‌گیری

نتایج کلی حاکی از اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای‌ترش بود. نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف تلفیقی منابع کودی در مقایسه با کاربرد منفرد آن‌ها باعث بهبود ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، عملکرد اقتصادی و زیست‌توده و راندمان مصرف آب شد. همچنین تأمین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی گیاه موجب بهبود صفات رشدی گیاه گردید و وقوع تنش خشکی اثر بازدارندهٔ قابل‌توجهی بر خصوصیات کمی چای‌ترش داشت، به‌طوری‌که بهترین تیمار از نظر بهبود صفات گیاه چای‌ترش، تیمار تلفیقی کود گاوی+کود شیمیایی به‌همراه تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. در مجموع، با وجود کاهش نسبی عملکرد گیاه در شرایط کم‌آبیاری، این شیوهٔ مدیریتی موجب افزایش راندمان مصرف آب خصوصاً در تیمار کود گاوی و شیمیایی شد.

References

1. Abid Askari, M. S. 1995. Autecological studies of exotic plant *Hibiscus sabdariffa* L. (Roselle), a multipurpose plant, for is introduction and culture. Scientific and Industrial Research 38 (1): 17-21.
2. Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A., and and Idowu, O. J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Plant Nutrition 27: 1163-1181.
3. Aghhavani Shajari, M. 2012. Effects of single and combined application of nutrients on quantitative and qualitative indices of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
4. Akanbi, W. B. 2002. Growth, Nutrient uptake and yield of maize and okra as influenced by compost and nitrogen fertilizer under different cropping systems. Ph.D. Dissertation, University of Ibadan, Nigeria. 228 p.
5. Akanbi, W. B., Olaniyan, A. B., Togun, A. O., Ilupeju, A. E. O., and Olaniran A. 2009. The Effect of organic and inorganic fertilizer on growth, calyx yield and quality of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 3: 652-657.
6. Akbarinia, A. 2003. Evaluation of yield and essential oil of Ajwain in conventional, organic and integrated agricultural systems. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. (in Persian).
7. Akbari Nodehi, D. 2014. The effect of flow irrigation and reduced irrigation methods on the yield and water use efficiency of maize in Mazandaran. Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 70: 245-254. (in Persian).
8. Alizadeh, A., and Kamali, A. Gh. 2007.Water Requirement of Plants in Iran. Imam Reza University Press, First Edition, 223 p. (in Persian).
9. Aseri, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V., and Meghwal, P. R. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae 117: 130-135.
10. Borras Linares, I., Fernandez Arroyo, S., Arraez Roman, D., Palmeros Suarez, P. A., Del Val Diazc, R., Andrade Gonzales, I., Fernandez Gutierrez, A., Gomez Leyva, J. F., and Segura Carretero, A. 2015. Characterization of phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). Industrial Crops and Products 69: 385-394.
11. Darzi, M. T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Medicinal and Aromatic Plants 25 (1): 1-19. (in Persian with English abstract).
12. Duke, J. A. 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research 17 (3): 91-110.
13. Ebhin Masto, R., Chhonkar, P. K., Singh, D., and Patra, A. K. 2006. Changes in soil biomass and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical incept soil. Soil Biology and Biochemistry 38: 1577-1582.
14. Fallahi, H. R., Aghhavani Shajari, M., Taherpour Kalantari, R., and Soltanzadeh, M. G. 2016. Evaluation of superabsorbent efficiency in response to dehydration frequencies, salinity and temperature and its effect on yield and quality of cotton under deficit irrigation. Agroecology 7 (4): 513-527. (in Persian with English abstract).
15. Fallahi, H. R., Ghorbani, M., Aghhavani Shajari, M., Asadian, A. M., and Samadzadeh, A. R. 2017. Effects of mycorrhizal inoculation and humic acid on growth and yield of Roselle and mycorrhizal symbiosis indices under drought stress condition. Final report of research project, University of Birjand. (in Persian with English abstract).
16. Fardad, H., and Zeyghami Gol, R. 2005. Optimization of water consumption for irrigation of cotton in Gorgan region. Agriculture Science 36 (5): 1197-1206. (in Persian).
17. Fereres, E., and Soriano, M. A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Experimental Botany 58 (2): 147-159.
18. Fuladivanda, S., Aeinehband, A., and Naraki, F. 2010. Evaluation of different tillage systems and seed amount on yield and yield components of canola under rainfed conditions. Iranian Journal Field Crops Research 8 (2): 213-224. (in Persian).
19. Gad, N. 2011. Productivity of Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) plant as affected by cobalt and organic fertilizers. Applied Sciences Research 7 (12): 1785-1792.
20. Gendy, A. S. H., Said-Al Ahl, H. A. H., and Abeer, M. 2012. Growth, productivity and chemical constituents of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as influenced by cattle manure and biofertilizers treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6: 1-12.
21. Ghorbani Nasrabad, Gh., and Hezarjaribi, A. 2010. Cotton respond to the irrigation at different stages of growth. Journal of Plant Production 17 (4): 129-141. (in Persian with English abstract).
22. Ghost, B. C., and Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environmental Pollution 102: 123-126.
23. Gyllapsy, E., Bergervoel, C. K., and Jullien, D. 1993. Sink-source relation in fruit vegetables as affected by N fertilizer. Scientia Horticulture 58: 87-94.

24. Khalil, S. E., and Yousef, R. M. M. 2014. Study the effect of irrigation water regime and fertilizers on growth, yield and some fruit quality of *Hibiscus sabdariffa* L. Advance Research 2 (5): 738-750.
25. Mahfouz, S. A., and Sharaf Eldin, M. A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics 21: 361-366.
26. Mallanagouda, B. 1995. Effects of N.P.K. and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. Medicinal and Aromatic Plant Science 4: 916-918.
27. Murty, M. G., and Ladha, J. K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil 108: 281-285.
28. Nabila, Y. N., and Aly, M. S. 2002. Variations in productivity of (*Hibiscus sabdariffa* L.) in response to some agricultural supplementation. Annals of Agricultural Science 47 (3): 875-892.
29. Nemati, M., and Dehmarde, M. 2015. Effect of using of cow and biomass manure on yield and Morphological indexes of Sour Tea (*Hibiscus sabdariffa*). Agroecology 7 (1): 62-73. (in Persian).
30. Parsa Motlagh, B. 2015. Study of eco-physiological, morphological, phytochemical, nutritional of *Hibiscus sabdariffa* L. in Jiroft region. Ph.D. Dissertation of agroecology, Department of Agricultural, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
31. Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Agriculture and Environment Ethics 6: 53-60.
32. Rahbariyan, P., Afsharmanesh, Gh. R., and Modafee Behzadi, N. 2011. Effect of drought stress and plant density on sour tea (*Hibiscus sabdariffa*) yield in Jiroft Region. New Agricultural Findings 5 (3): 249-257. (in Persian).
33. Rezvani Moghaddam, P. 2008. Forgotten Plants. In: Koocheki, A. R., and Khajeh Hosseini, M. Modern Farming. Chapter 17. 446 p. (in Persian).
34. Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G. A., Ranjbar, F., Aghavani Shajari, M., and Shahriari, R. 2015. Effect of integrated organic and chemical fertilizer on growth indices of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) as a medicinal plant in Mashhad condition. Agroecology 96 (4): 971-960 (in Persian with English abstract).
35. Rezvani Moghadam, P., Asadi, Gh., Aghhavani Shajari, M., Ranjbar, F., and Shahriari, R. 2017. Evaluation of nutritional management on yield and yield components of Sour Tea (*Hibiscus sabdariffa*) in Mashhad. Iranian Journal Field Crops Research 15 (4): 776-785. (in Persian with English abstract).
36. Sadeghi, A. A., Akhsh Kelarestaghi, K., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2014. The effects of vermicompost and chemical fertilizers on yield and yield components of marshmallow (*Altheae officinalis* L.). Agroecology 6: 42-50. (in Persian with English abstract).
37. Safari, A., Asoudar, M. A., Ghasemi Nejad, M., and Ebdali Mashhadi, A. R. 2013. Effect of keeping of residues, different methods of conservation tillage and planting on physical properties of soil and wheat yield. Knowledge of Agriculture and Sustainable Production 23 (2): 59-49. (in Persian).
38. Seghatoleslami, M. J, Mosavi, Gh. R., and Barzegaran, T. 2013. Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* L. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants 29 (1): 144-156. (in Persian with English abstract).
39. State Meteorological Organization. 2016. Statistics and information of Mashhad Meteorological Station.
40. Torabi, A. 2004. Effect of sowing date and row spacing on the yield of *Hibiscus sabdariffa* L. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Jiroft Branch. (in Persian with English abstract).
41. Tahami Zarandi, M. K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2000. Comparison of the effects of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil content of basil. Agroecology 2 (1): 63-74. (in Persian with English abstract).
42. Yang, Y., Watanabe, M., Zhang, X., Zhang, J., Wang, Q., and Hayashi, S. 2006. Optimizing irrigation management for wheat to reduce ground water depletion in the piedmont region of the Taihang mountains in the North China Plain. Agricultural Water Management 82: 25-44.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 4, Winter. 2021, p. 373-384

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۳۸۴-۳۷۳

Yield and Water Use Efficiency for Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a Medicinal Plant in Mashhad Condition

P. Rezvani Moghaddam[1*], Gh. A. Asadi [2], M. Aghavani Shajari[3], F. Ranjbar[4]

Received: 31-07-2018
Accepted: 30-01-2019

Introduction: Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a member of Malvaceae family is a subtropical medicinal plant. This plant is self-pollinated and sensitive to cold. Bolls of Roselle are used in food and pharmaceutical industries. One of the most important purpose to achieve high quality and quantity yield is evaluation of nutritional systems and irrigation management for plants. The use of chemicals in the production of medicinal plants in addition to environmental pollution, decreases the quality of drug. Furthermore, sustainable agriculture, by replacing organic fertilizers with chemical fertilizers, increasing the efficiency of inputs such as water, and fertility and soil health, preserving the environment and increasing product quality and protect resources. Drought stress is one of the most important problems in crop production in arid and semi-arid regions of the world. Effective management of nutrition and irrigation and planting of drought resistant plants is one of the effective proceeding to increase water use efficiency in semi-arid regions. Roselle is relatively drought-tolerant plants, so that cultivation of this plant is common in Sistan and Baluchestan province of Iran. So, studying the ecological and agronomic needs of this plant in new areas is important. This experiment was conducted to evaluate the yield and yield components of this plant in response to application of nutritional resources and irrigation management.

Materials and Methods: In order to study the yield and water use efficiency for Roselle (*Hibiscus sabdariffa*), an experiment was conducted with 12 treatments as strip plot based on complete block design with three replications at Research Station, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in year 2014-2015. Experimental factors included: nutritional management in four levels (chemical fertilizer, cow manure, cow manure+ chemical fertilizer and control) and irrigation management in three level (30, 70 and 100% of water requirement of Roselle). Roselle seeds were planted in seedling trays at greenhouse in February 2014. Then seedlings transferred to field in last April 2015. The distance between rows and plants were 75 and 25 cm, respectively. Chemical fertilizer (150, 100 and 200 $kg.ha^{-1}$ Triple super phosphate, Potassium sulfate and Urea, respectively), and cow manure (32 $ton.ha^{-1}$) were used at depth of 30 cm. Then, different water requirement of Roselle is determined and the water volume of irrigation will be recorded in each irrigation cycle by the contour, furthermore, water use efficiency was calculated. Statistical analysis of the data was performed by using of Minitab Ver.16. Also, means comparison were compared by Duncan multiple range test at 5% level.

Results and Discussion: Results indicated significant effects of treatments on most of the traits of Roselle. The maximum plant height (89.3 cm), number of lateral branch (6. 6 number), dry sepal yield (860.1 $kg.ha^{-1}$), biomass yield (7197 $kg.ha^{-1}$), harvest index (11.9%) and water use efficiency based on bolls and biomass yield (0.11 and 0.89 $kg.m^3$) of Roselle obtained in cow manure + chemical fertilizer treatment. Also, providing of 100% of the plant's water requirement induced the highest height (91.5 cm), number of bolls on main and lateral branch (20.0 and 47.5 number), sepal yield (672.7 $kg.ha^{-1}$) and biomass yield (6944 $kg.ha^{-1}$) of Roselle. Combined application compared to single application of nutritional sources increased 16, 18, 35, 20 and 20%, respectively, height, number of lateral branches, bolls yield, biomass yield and harvest index of Roselle. Furthermore, results of interaction effects showed that application of cow manure + chemical fertilizer with providing of 100% of the plant's water requirement obtained the maximum number of lateral branch (8.5 number), bolls yield (934 $kg.ha^{-1}$) and biomass yield (7920 $kg.ha^{-1}$) of Roselle. The highest amount of water use efficiency based on sepal and biomass yield (0.2 and 1.5 $kg.m^3$) obtained by application of cow manure + chemical fertilizer and providing of 30% of the plant's water requirement.

Conclusions: Totally, results showed that combined application and providing of 100% of the plant's water requirement improved the most traits of Roselle. Also, combined application of nutritional sources decreased water consumption and increased water use efficiency.

Keywords: Boll yield, Cow manure, Harvest index, Irrigation

1, 2, 3 and 4- Professor, Assistant Professor, Postdoctoral researcher and Ph.D. in Agroecology, respectively, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: : rezvani@um.ac.ir)